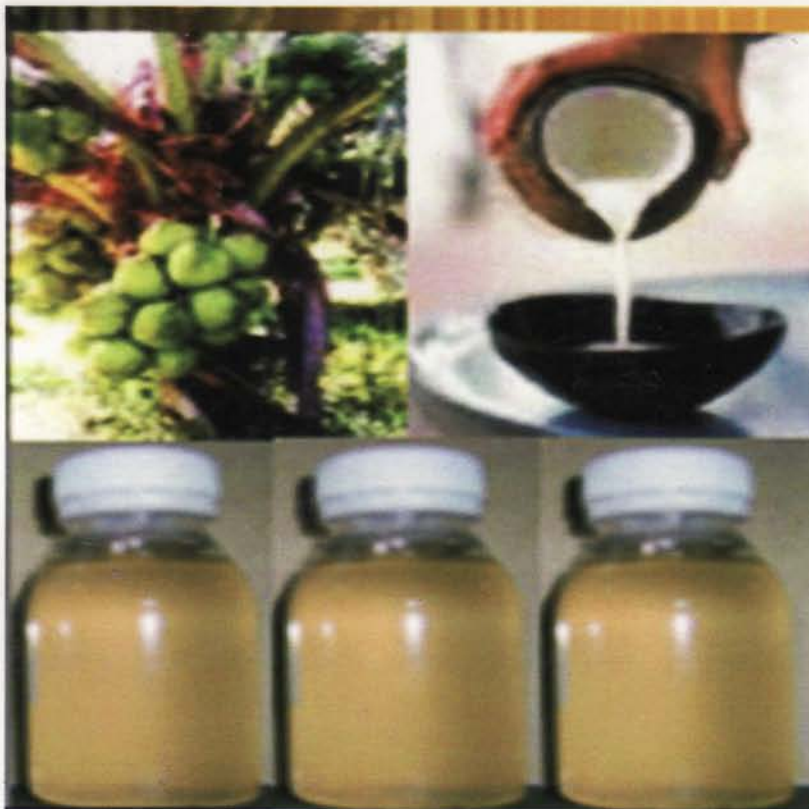


ISBN 978-602-9372-39-7

**MONOGRAF
FERMENTASI VCO 1**

**KINETIKA REAKSI FERMENTASI VCO
SECARA CURAH**



SRI REDJEKI



**DITERBITKAN OLEH:
UPN "VETERAN" JAWA TIMUR PRESS**

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	I
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
HALAMAN PENGESAHAN	1
I. PENDAHULUAN	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
1. Model Proses Fermentasi Curah	4
III. TUJUAN DAN MANFAAT	
1. Tujuan	11
2. Manfaat	11
IV. METODE PENELITIAN	
1. Penyiapan Bahan Baku	11
2. Pembuatan Santan	12
3. Pemisahan Krim	12
4. Pembuatan Stater	12
5. Pencampuran Krim dan Santan	12
6. Alat	13
7. Cara Kerja	13
8. Variabel	13
V. HASIL PENELITIAN	
1. Hasil Analisis Santan Kelapa	14
2. Kurva Pertumbuhan <i>Lactobacillus Plantarum</i>	14
3. Perhitungan Parameter Kinetika <i>Lactobacillus Plantarum</i> pada Proses Curah	15
4. Hasil Percobaan Fermentasi Curah untuk Nisbah	16
5. Hasil Perhitungan Parameter Kinetika <i>Lactobacillus Plantarum</i> Proses Curah	21
	23
V. PEMBAHASAN	
DAFTAR PUSTAKA	25

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Pertumbuhan <i>Lactobacillus Plantarum</i>	14
Tabel 2. Data Pengamatan Fermentasi Curah untuk Nisbah (1:2)	14
Tabel 3. Data Pengamatan Fermentasi Curah (1:2)	16
Tabel 4. Data Pengamatan Fermentasi Curah (1:1)	16
Tabel 5. Data Pengamatan Fermentasi Curah untuk Nisbah (1:1)	17
Tabel 6. Data Perhitungan Parameter Fermentasi Curah untuk Nisbah (1:1)	17
Tabel 7. Parameter Kinetika Proses Curah	21

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pengaruh konsentrasi Substrat dan konsentrasi Produk terhadap Laju Pengenceran	5
Gambar 2. Contoh Kinetika Pertumbuhan dan Pembentukan Produk pada Proses Curah	8
Gambar 3. Rangkaian Alat Fermentasi VCO secara Curah	13
Gambar 4. Hubungan Antara Berat Sel Kering <i>Lactobacillus Plantarum</i> terhadap Waktu pada Proses Curah	15
Gambar 5. Hubungan $1/S$ (L/g) terhadap $1/\mu$ untuk Fermentasi Curah Nisbah (1;2)	18
Gambar 6. Hubungan $1/S$ (L/g) terhadap $1/\mu$ untuk Fermentasi Curah Nisbah (1;1)	18
Gambar 7. Hubungan rs/X (L/g) (g glukosa/g sel kering jam) terhadap μ (jam^{-1}) untuk Fermentasi Curah Nisbah (1;2)	19
Gambar 8. Hubungan rs/X (L/g) (g glukosa/g sel kering jam) terhadap μ (jam^{-1}) untuk Fermentasi Curah Nisbah (1;1)	19
Gambar 9. Hubungan $1/v$ (g produk/jam g sel kering) terhadap $1/S$ (L/g) untuk Fermentasi Curah Nisbah (1:2)	20
Gambar 10. Hubungan $1/v$ (g produk/jam g sel kering) terhadap $1/S$ (L/g) untuk Fermentasi Curah Nisbah (1:1)	20

Gambar 11. Hubungan konsentrasi Asam Laktat (g/L) terhadap Waktu untuk Nisbah (1:2) dan Nisbah (1;1) pada Proses Curah	21
Gambar 12. Hubungan Konsentrasi Sel Kering (g/L) terhadap Waktu untuk Nisbah (1:2) dan Nisbah (1;1) pada Proses Curah	22

KATA PENGANTAR

Monograf fermentasi Virgin Coconut Oil (VCO) membahas mengenai proses pembuatan VCO secara fermentasi. Pembuatan VCO dengan cara fermentasi adalah salah satu cara untuk mendapatkan VCO dengan cara memanfaatkan mikroorganisme tanpa menggunakan energi. Saat ini berkembang penelitian-penelitian baru mengenai keistimewaan minyak kelapa terutama minyak yang dihasilkan tanpa melalui proses pemanasan maupun penambahan bahan kimia, yaitu dengan cara: fermentasi, pengasaman, sentrifugasi, dan cara pancingan. Minyak yang dihasilkan melalui proses tersebut dikenal dengan minyak kelapa murni (*Virgin Coconut Oil*).

Virgin Coconut Oil sudah banyak beredar di pasaran dengan berbagai merk. VCO mempunyai efek fisiologis yang menguntungkan kesehatan seperti mampu membunuh virus, bakteri, meningkatkan daya tahan tubuh, melembutkan kulit dan sebagainya. Berbagai khasiat dari VCO tersebut disebabkan oleh asam lemak berantai sedang yang dikandungnya yaitu asam laurat. VCO memiliki kandungan asam laurat yang sangat tinggi (45-55%).

Seiring dengan berkembangnya penelitian-penelitian yang membahas VCO dan manfaatnya bagi kesehatan, maka semakin banyak pula masyarakat yang tertarik untuk mencoba mengonsumsi VCO baik sebagai obat maupun sebagai suplemen untuk menjaga ketahanan tubuh. Kendala pengembangan produk VCO dengan teknologi fermentasi

adalah keterbatasan data-data kinetik dan penentuan persamaan model matematik menyeluruh. Berkaitan dengan masalah itu, tujuan dari Monograf ini adalah untuk merumuskan kecepatan reaksi fermentasi. Disisi lain, buku ini juga dimaksudkan untuk mendapatkan model matematik pada berbagai variabel (laju pengenceran, nisbah umpan).

Terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada berbagai pihak terutama penyunting, dan redaksi pelaksana yang telah bekerja keras sehingga monograf ini dapat diterbitkan. Semoga Monograf ini dapat menjadi wadah penyebaran informasi fermentasi VCO dan teknologi pengelolaannya.

Surabaya, Oktober 2012

I. PENDAHULUAN

Produk utama yang dikembangkan dari tanaman kelapa adalah minyak kelapa. Saat ini berkembang penelitian-penelitian baru mengenai keistimewaan minyak kelapa terutama minyak yang dihasilkan tanpa melalui proses pemanasan maupun penambahan bahan kimia, yaitu dengan cara, fermentasi, pengasaman, sentrifugasi dan cara pancingan. Minyak yang dihasilkan melalui proses tersebut dikenal dengan minyak kelapa murni (*Virgin Coconut Oil*).

Virgin Coconut Oil sudah banyak beredar di pasaran dengan berbagai merk. Menurut Price (2004); Sulisty (2005), VCO mempunyai efek fisiologis yang menguntungkan kesehatan seperti mampu membunuh virus, bakteri, meningkatkan daya tahan tubuh, melembutkan kulit dan sebagainya. Berbagai khasiat dari VCO tersebut disebabkan oleh asam lemak berantai sedang yang dikandungnya yaitu asam laurat. VCO memiliki kandungan asam laurat yang sangat tinggi (45-55%).

Seiring dengan berkembangnya penelitian-penelitian yang membahas VCO dan manfaatnya bagi kesehatan, maka semakin banyak pula masyarakat yang tertarik untuk mencoba mengonsumsi VCO baik sebagai obat maupun sebagai suplemen untuk menjaga ketahanan tubuh. Kendala pengembangan produk VCO dengan teknologi fermentasi adalah keterbatasan data-data kinetik dan penentuan persamaan model matematik menyeluruh. Berkaitan dengan masalah itu, tujuan dari penulisan monograf ini adalah untuk

memberikan uraian secara terinci mengenai: data kinetika pada proses fermentasi, merumuskan model kecepatan reaksi fermentasi pada proses fermentasi curah, dan implementasi pada pembuatan VCO.

II. SANTAN

Santan merupakan cairan berwarna putih yang merupakan hasil ekstraksi dari daging kelapa yang sudah dikukur dengan atau tanpa penambahan sejumlah air. Komposisi santan tergantung pada: varietas Kelapa yang dipergunakan, umur buah, dan keadaan lingkungan tempat tumbuh pohon Kelapa.

Struktur globula lemak dari Santan kelapa terdiri dari: 99% trigliserida dan sisanya sterol, asam lemak bebas, dan vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A dan E). Globula bagian dalam disusun oleh rantai hidrokarbon, hidrophob, sedang bagian permukaan disusun oleh gugus hidrophil fosfolipida.

Santan merupakan emulsi, yaitu dispersi suatu cairan minyak dalam cairan lain yang tidak saling larut dan sebagai penstabil emulsi adalah protein. Interaksi antara lipida dan protein melalui berbagai tipe ikatan: misal ikatan elektrostatis, jembatan hidrogen, dan ikatan Vander Waals, mengakibatkan globula minyak tersebut menjadi stabil.

Lapisan yang ada pada protein ini mempermudah untuk melepaskan minyak yang terdapat pada globula santan dengan berbagai cara antara lain:

- a. kenaikan temperatur, yang mengakibatkan protein terdenaturasi
- b. pemberian enzim/bakteri, yang dapat menghidrolisis protein
- c. menurunkan pH santan sehingga protein terkoagulasi.

Sifat-sifat fisiko-kimia santan antara lain: viskositas 4,3 sentipois, titik beku 6,13 °C, densitas 0,497 g/cm³, dan pH 6,09 (Djarmiko, 1983).

Butir-butir lemak pada santan apabila dibiarkan beberapa saat akan memisah menjadi krim di bagian atas yang banyak mengandung minyak dan bawah adalah skim yang mengandung banyak air.

Sterilisasi santan pada temperatur 100 – 110 °C selama 15 menit akan memperpanjang masa simpan santan sampai 15 bulan, dan pasteurisasi di bawah temperatur koagulasi (80,9 °C) akan mencegah penggumpalan krim santan.

III. MINYAK KELAPA

Minyak Kelapa adalah minyak nabati yang digolongkan sebagai minyak asam laurat atas dasar kandungan asam lemak, karena kandungan asam laurat adalah paling besar dalam minyak ini jika dibandingkan dengan kandungan asam lemak lainnya.

Minyak kelapa terdiri dari glycerida, adalah persenyawaan antara glycerin dengan asam lemak (asam lemak rendah). Kandungan asam lemak dari minyak kelapa adalah, asam lemak jenuh diperkirakan 91% (terdiri dari: kaproat, kaprilat, laurat, miristat, palmitat, stearat dan arachidat) dan asam lemak tak jenuh sekitar 9% (terdiri dari: oleat dan linoleat). Kegunaan minyak kelapa selain sebagai minyak goreng, juga berguna bagi kesehatan, pembuatan kosmetik, sabun, minyak rambut da lain-lain.

Minyak kelapa bila terlalu disimpan dapat mengakibatkan bau "tengik", hal ini diakibatkan karena asam lemak tak jenuh mudah teroksidasi oleh O_2 dalam udara. Minyak nabati berbentuk cair karena mengandung sejumlah asam lemak tak jenuh, yaitu asam oleat atau asam linoleat dengan titik cair yang rendah. Jumlah ikatan rangkap dalam minyak kelapa ditentukan dengan bilangan I_{od} . Bilangan I_{od} , menyatakan derajat ketidak jenuhan dari minyak. Bilangan I_{od} yang tinggi menunjukkan tingginya kandungan asam lemak tidak jenuh pada minyak. Bilangan penyabunan adalah, jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan satu gram minyak. Besarnya bilangan penyabunan, tergantung dari berat molekul. Minyak yang mempunyai berat molekul rendah mempunyai bilangan penyabunan yang lebih tinggi dari pada minyak yang mempunyai berat molekul tinggi.

IV. MIKROORGANISME

Tiap proses fermentasi mendayagunakan aktivitas biokimia suatu mikroorganisme tunggal atau campuran dari beberapa spesies mikroorganisme. Pertumbuhan mikroorganisme di dalam bahan pangan dapat mengakibatkan berbagai perubahan fisik dan kimia yang tidak diinginkan, sehingga, bahan pangan tidak layak dikonsumsi, tapi dijumpai berbagai mikroorganisme yang dapat memperbaiki nilai gizi makanan dan dapat menghasilkan berbagai produk yang diinginkan.

Mikroorganisme yang dipergunakan dalam fermentasi minyak kelapa antara lain: dari golongan *Lactobacillus*, *Saccharomyces*, dan *Acetobacter*. Penelitian dengan menggunakan *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus debrueki* telah dilakukan oleh Steinkraus.

Lactobacillus Plantarum adalah bakteri golongan mesofilik yang mempunyai temperatur pertumbuhan optimum 40 °C. Bakteri tersebut dapat diisolasi dari susu atau keju. Sifat dari *Lactobacillus Plantarum* adalah homofermentatif yang berarti bahwa bakteri ini hanya akan menghasilkan satu produk saja yaitu asam laktat.

V. INOKULUM

Inokulum adalah bibit-bibit mikroorganisme yang dikerjakan secara bertahap ke dalam medium fermentasi. Secara garis besar kriteria yang penting bagi kultur

mikroorganisme untuk dapat digunakan sebagai bibit dalam proses fermentasi:

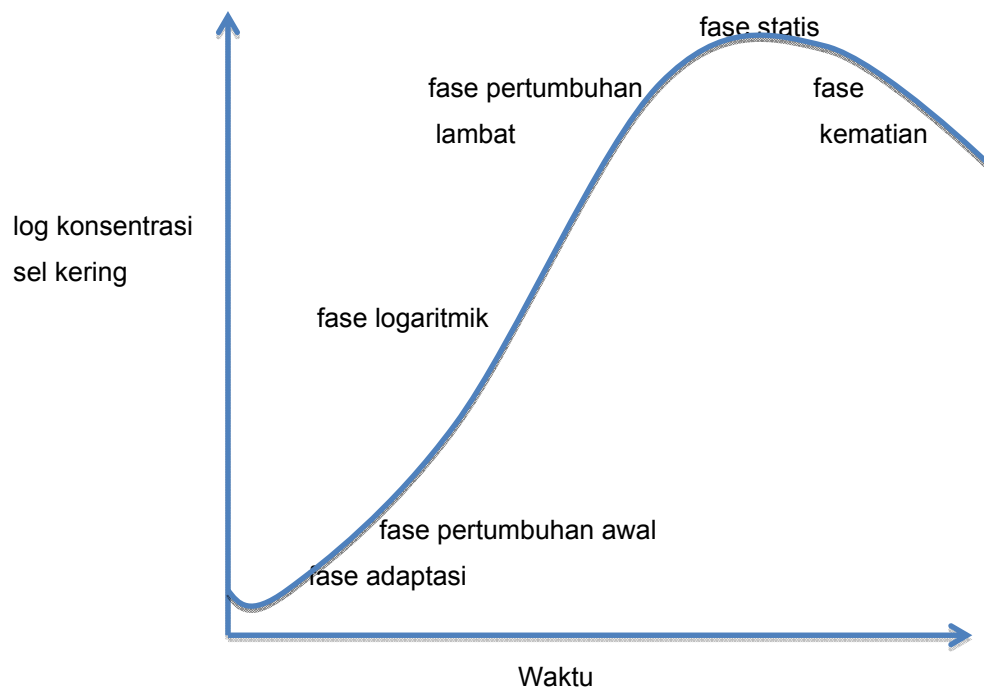
1. mikroorganisme berada dalam keadaan aktif dan sehat
2. mikroorganisme tersedia dalam jumlah yang cukup, sehingga dapat menghasilkan inokulum dalam takaran yang optimum
3. dalam keadaan morfologi yang sesuai
4. bebas kontaminasi

Medium kultur yang digunakan merupakan faktor yang penting untuk memperoleh bibit yang memenuhi kriteria untuk proses fermentasi. Volume inokulum yang ditambahkan pada umumnya berkisar antara 3-10% dari volume medium fermentasi.

VI. FASE PERTUMBUHAN SEL

Pertumbuhan mikroorganisme dapat ditandai dengan peningkatan jumlah sel sedangkan kecepatan pertumbuhan tergantung lingkungan fisik dan kimiawinya.

Fase-fase pertumbuhan sel dapat dilihat pada Gambar 1, antara lain: fase adaptasi, fase pertumbuhan awal, fase logaritmik, fase pertumbuhan lambat, fase pertumbuhan statis, dan fase kematian.



Gambar 1. Kurvs Pertumbuhan Kultur Mikroorganisme

a. Fase adaptasi

Jika sel mikroorganisme dipindahkan ke dalam suatu medium, mula-mula akan mengalami fase adaptasi untuk menyesuaikan dengan kondisi lingkungan di sekitarnya. Lamanya fase adaptasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

b. Fase pertumbuhan awal

Setelah mengalami waktu fase adaptasi, sel mikroorganisme mulai membelah dengan kecepatan yang rendah, karena mulai menyesuaikan diri.

c. Fase pertumbuhan logaritmik

Pad fase pertumbuhan logaritmik sel mikroorganisme membelah dengan cepat dan konstan. Kecepatan

pertumbuhan pada fase ini sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti: pH, kandungan nutrien, dan kondisi lingkungan (temperatur dan kelembaban udara).

d. Fase pertumbuhan lambat

Pada fase ini pertumbuhan populasi sel mikroorganisme menurun karena persediaan substrat berkurang.

e. Fase pertumbuhan statis

Jumlah populasi sel pada fase ini tetap, karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. Ukuran sel pada fase ini menjadi lebih kecil-kecil karena sel tetap membelah meskipun zat-zat nutrisi sudah habis.

f. Fase kematian

Fase ini menyatakan bahwa populasi mikroorganisme mulai mengalami kematian antara lain akibat: substrat dalam medium sudah habis dan energi cadangan di dalam sel habis.

VII. FERMENTASI

Fermentasi merupakan aktivitas metabolisme mikroorganisme baik aerobik maupun anaerobik dan terjadi perubahan atau transformasi kimiawi dari substrat organik.

Proses fermentasi dapat dibedakan atas tiga grup berdasarkan kebutuhan mikroorganisme akan oksigen, yaitu yang bersifat aerobik, anaerobik dan anaerobik fakultatif. Pada fermentasi yang bersifat anaerobik fakultatif, mikroorganisme

dapat tumbuh dengan menggunakan oksigen yang terdapat dalam medium fermentasi.

Proses fermentasi minyak adalah pemanfaatan substrat oleh *Lactobacillus plantarum* yang menghasilkan asam laktat sebagai metabolit sekunder dalam suasana anaerobic. Penggolongan proses fermentasi minyak ditinjau dari penggunaan jenis substrat adalah :

- a. Fermentasi permukaan, untuk substrat tidak larut (*surface fermentation*)
- b. Fermentasi bawah permukaan, fermentasi untuk substrat yang dapat larut (*submerged fermentation*).

Masing – masing proses tersebut diatas dibedakan atas dasar proses pertumbuhan sel dan produksi asam laktat. Proses fermentasi bawah permukaan ternyata lebih mudah untuk pemantauan dan pengendalian dibandingkan dengan proses fermentasi permukaan. Proses fermentasi bawah permukaan dapat berlangsung dalam substrat cair yang terdiri atas : a) substrat fermentasi alami, b) substrat fermentasi sintetik. Substrat fermentasi sintetik adalah substrat yang jumlah dan struktur kimia dapat diketahui dan dikendalikan.

Proses fermentasi bawah permukaan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, fermentasi curah dan fermentasi sinambung.

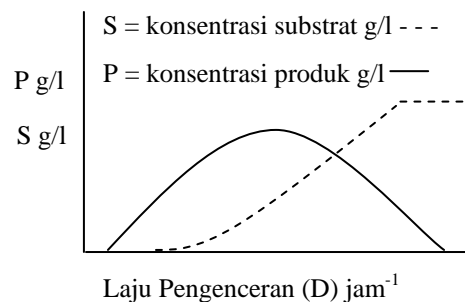
Fermentasi curah tidak lagi dilakukan penambahan substrat kecuali penambahan asam atau basa untuk mengendalikan pH.

Fermentasi sinambung dijalankan dengan mengalirkan substrat dengan laju aliran tertentu dan pada saat yang sama

produk hasil metabolisme dikeluarkan dengan laju alir yang sama. Penambahan medium baru dengan laju yang sesuai dapat menghasilkan keadaan tunak (*steady state*), pada keadaan tunak tersebut konsentrasi sel, laju pertumbuhan, konsentrasi produk tidak mengalami perubahan selama waktu fermentasi berlangsung.

Waktu huni (*residence time*) dalam proses fermentasi sinambung ditentukan bukan oleh nilai laju aliran konstan dan volume kultur, melainkan oleh laju pengenceran D . Laju pengenceran $D = F/V$, yaitu jumlah perubahan volume total tiap jam. Kecepatan pengenceran mempengaruhi konsentrasi substrat dan konsentrasi produk.

Gambar 2. memperlihatkan pengaruh laju pengenceran (D) terhadap substrat dan produk. (Rachman Ansori, 1989 dan Mc Neil 1990).



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi substrat dan konsentrasi produk terhadap laju pengenceran

Sistem pengendalian yang dipergunakan dalam mempertahankan keadaan tunak pada sistem sinambung terdapat dua tipe, sistem *Chemostat* dan *Turbidostat*.

Sistem *Chemostat*, pertumbuhan sel selama fermentasi berlangsung dikendalikan dengan cara mengatur konsentrasi salah satu substrat terbatas dalam medium dan sistem *Turbidostat* pertumbuhan atau konsentrasi sel dipertahankan konstan dengan cara pemanfaatan kekeruhan (*turbidity*) kultur. (Rachman, 1989)

1. Proses Fermentasi Minyak Kelapa Dengan Bakteri Asam Laktat

Fermentasi minyak kelapa dilakukan berdasarkan kemampuan mikroorganisme membentuk enzim dan zat lain, dari hasil perubahan gula pada emulsi santan yang akan menyebabkan terjadinya pemecahan emulsi. (Soliven dan Lear, 1936 dalam Hartanti, 1984)

2. Proses Metabolisme Sel

Proses metabolisme mencakup semua reaksi kimia dan biologis yang terjadi dalam sel mikroorganisme. Metabolisme terdiri dari dua proses yaitu :

1. Proses katabolisme (proses eksergonik), terjadi pembentukan energi
2. Proses anabolisme (proses endergonik), pada proses ini dibutuhkan energi

Proses katabolisme pada fermentasi santan oleh bakteri *Lactobacillus plantarum* merupakan katabolisme anaerobik, dimana karbohidrat merupakan substrat utama yang dipecah dalam proses fermentasi. (Linden, 1988)

Dalam tahap pertama fermentasi glukosa selalu terbentuk asam piruvat. Pada mikroorganisme dikenal empat jalur pemecahan glukosa menjadi asam piruvat :

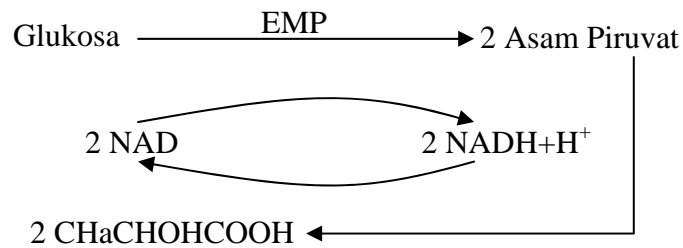
- (1) Jalur Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) atau glikolisis
- (2) Jalur Entner-Doudoroff (ED)
- (3) Jalur Heksaminofosfat (HMF)
- (4) Jalur Fosfoketolase (FK)

3. Metabolisme Sel Asam Laktat

Produk – produk yang dihasilkan pada fase pertumbuhan eksponensial mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan sel. Produk – produk ini disebut metabolit primer, fase metabolit primer terbentuk disebut tropophase.

Metabolit sekunder adalah hasil metabolisme yang bukan merupakan kebutuhan pokok mikroorganisme untuk hidup dan tumbuh. Produk metabolit sekunder diproduksi selama fase stasioner, fase dimana metabolit sekunder terbentuk disebut idiophase. Produk asam laktat *Lactobacillus plantarum* adalah salah satu metabolit sekunder. (Fardiaz, 1987)

Pada mikroorganisme asam laktat, asam piruvat yang terbentuk dari jalur Embden-Myerhof-Parnas (EMP) atau glikolisis bertindak sebagai penerima hidrogen. Reduksi asam piruvat oleh NADH_2 (Nikotinamida-Adenin-Dinukleotida) menghasilkan asam laktat dengan reaksi sebagai berikut :



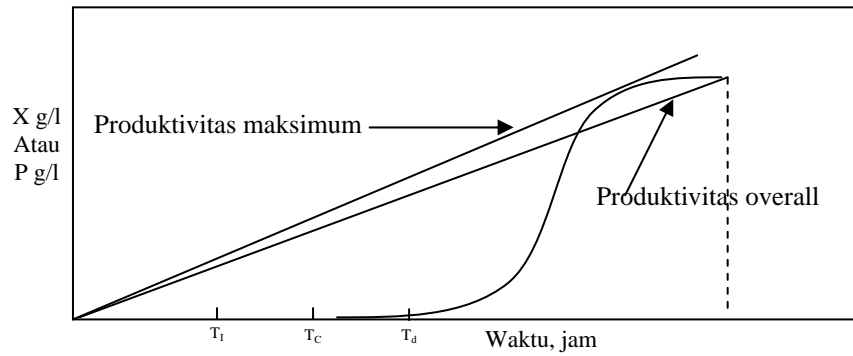
Gambar 3. Metabolismo Sel Bakteri Asam Laktat

Fermentasi diatas disebut fermentasi homolaktat, karena prduk yang dihasilkan hanya asam laktat, dan mikroorganisme yang melakukan fermentasi tersebut disebut homofermentatif. *Lactobacillus plantarum* termasuk salah satu jenis mikroorganisme homofermentatif.

4. Produktivitas

Produktivitas volumetrik (gram produk/liter/jam) merupakan ukuran yang digunakan dalam evaluasi keseluruhan proses. Proses kultur curah, produktivitas dihitung untuk keseluruhan waktu yaitu: 1) waktu fermentasi, dan 2) waktu persiapan bioreaktor untuk proses berikutnya.

Produktivitas keseluruhan untuk proses curah ditunjukkan oleh nilai slope yang dimulai dari titik awal menuju ke titik akhir fermentasi. Produktivitas maksimum ditunjukkan oleh nilai slope terhadap kurva produktivitas produk atau produktivitas sel seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Produktivitas Sel dan Produk (Wang, 1979)

Produktivitas keseluruhan (Pr) dalam fermentasi curah (Wang, 1975) :

$$Pr(c) = \frac{Pf}{\frac{1}{\mu_m} \ln \frac{Pf}{Po} + tc + td + t1} \quad (1)$$

Dengan :

Pf = konsentrasi produk akhir g/l

Po = konsentrasi produk awal g/l

μ_m = laju pertumbuhan maksimum jam^{-1}

$t1$ = waktu tertinggal (waktu adaptasi) jam

tc = waktu (pencucian, sterilisasi, pengisian) jam

td = waktu yang diperlukan sebelum inokulasi jam

Produktivitas fermentasi sinambung dihitung berdasarkan laju pengenceran dan produk keluar pada keadaan tunak (Mc. Neil, 1990) :

$$Pr(s) = DP \quad (2)$$

Dengan :

D = laju pengenceran jam⁻¹

P = konsentrasi produk pada keadaan tunak g/l

VIII. BIOREAKTOR

Bioreaktor adalah suatu sistem yang dipergunakan untuk melangsungkan reaksi biologis dari suatu proses bioteknologi. Tujuan utama merancang bioreaktor adalah untuk menekan biaya produksi dan meningkatkan kualitas produk. Ukuran suatu bioreaktor tergantung pada konsentrasi produk yang diinginkan dan jenis operasi yang akan dilakukan. Sebuah bioreaktor mempunyai perlengkapan untuk inokulasi dan percontohan serta untuk pengisian dan pengosongan reaktor.

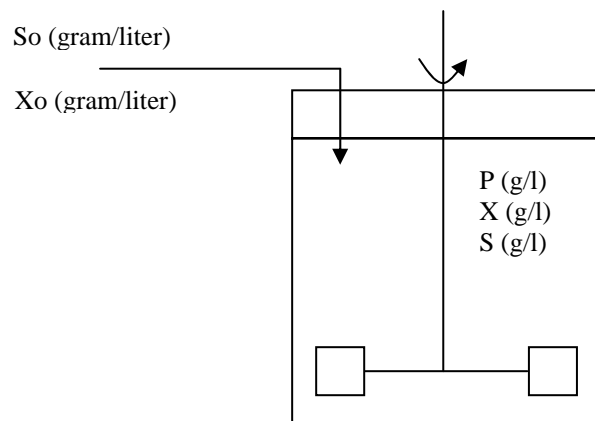
1. Bioreaktor Tangki Ideal Sistem Curah

Bioreaktor ini adalah jenis bioreaktor yang paling sederhana. Bioreaktor ini menangani semua substrat dan mikroorganisme dengan memasukkan substrat dan mikroorganisme secara bersamaan. Selama proses berlangsung tidak ada aliran masuk dan keluar. Kelengkapan sebuah bioreaktor untuk pemantauan dan pengendalian selama proses berlangsung,

- 1) Alat ukur pH, temperatur
- 2) Pengaduk dan motor
- 3) Pengendali temperatur, pH
- 4) Sistem pemanas dan pendingin.

Sesuai dengan sifat bioreaktor tangki ideal, maka diharapkan komposisi dan suhu didalam reaktor setiap titik sama.

Ditinjau dari segi biaya peralatan, bioreaktor curah lebih murah daripada bioreaktor sinambung, sehingga untuk kapasitas kecil atau untuk proses yang masih baru dalam masa percobaan lebih baik digunakan reaktor curah. Keuntungan lain penggunaan bioreaktor curah lebih mudah untuk memulai dan menghentikannya, juga lebih mudah untuk dikendalikan. Kelemahannya bila dibandingkan dengan reaktor sinambung adalah, banyak waktu terbuang untuk setiap memulai suatu operasi.



Gambar 5. Bioreaktor Tangki Ideal Sistem Curah

IX. MODEL PROSES FERMENTASI MINYAK KELAPA

Model suatu proses dapat digunakan untuk menilai kinerja dari suatu reaktor dengan membandingkan hasil perhitungan dari model, dan yang diamati. Berbagai model telah dikembangkan untuk memperkirakan laju pembentukan produk, pemanfaatan substrat dan pertumbuhan sel pada fermentasi yang menghasilkan metabolit sekunder. Model kinetika produksi yang telah dikembangkan untuk produksi asam laktat antara lain, model Leudeking dan Piret, yang berlaku hanya untuk awal pertumbuhan sehingga tidak berlaku untuk produk metabolit sekunder seperti asam laktat. (Tayeb, 1984)

Model yang memperhatikan pengaruh substrat terhadap laju pertumbuhan dan pembentukan pada proses fermentasi minyak kelapa adalah model yang tidak terstruktur, yaitu model berdasarkan atas biomassa keseluruhan dan bukan atas komponen sel.

Pembentukan produk akan terhambat oleh substrat karena sifat emulsi santan, sehingga pembentukan produk fermentasi anaerobik minyak kelapa oleh *Lactobacillus plantarum* dihambat oleh glukosa.

Aiba, Humphrey, Milis, (1973) menggambarkan reaksi hambatan substrat (substrat inhibition) untuk reaksi enzimatik dengan :





$$ki = \frac{k - i}{k + i} \quad (7)$$

Pernyataan laju reaksi dari bentuk reaksi diatas diperoleh :

$$v = \frac{v_{maks} \cdot S}{km + S + km / ki \cdot I} \quad (8)$$

Dengan :

I = konsentrasi penghambat

km.ki.k = konstanta laju reaksi

Vmaks = kEo

Laju reaksi untuk substrat sebagai penghambat oleh Atkinson (1983), dinyatakan sebagai berikut :

$$v = \frac{Vmaks \cdot S}{km + S + S^2 / ki} \quad (9)$$

1. Model Proses Fermentasi Curah

a. Model pertumbuhan sel

Pertumbuhan sel pada fase eksponensial terjadi cepat sekali dianggap hanya berlangsung pada keadaan aerob, laju pertumbuhan dihambat oleh substrat yaitu glukosa. Model tidak terstruktur memakai anggapan bahwa laju pertumbuhan adalah fungsi dari jumlah sel itu sendiri.

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \quad (10)$$

$$\mu = \frac{\mu m \cdot S}{km + S + S^2 / ki} \quad (11)$$

$$\frac{dx}{dt} = r_x = \frac{\mu_m \cdot S \cdot X}{k_m + S + S^2 / k_i} \quad (12)$$

μ = laju pertumbuhan spesifik (jam⁻¹)

μ_m = laju pertumbuhan spesifik maksimum (jam⁻¹)

k_m = konstanta kejenuhan substrat (g/l)

k_i = konstanta hambatan substrat (g/l)

S = konsentrasi substrat (g/l)

X = konsentrasi sel kering (g/l)

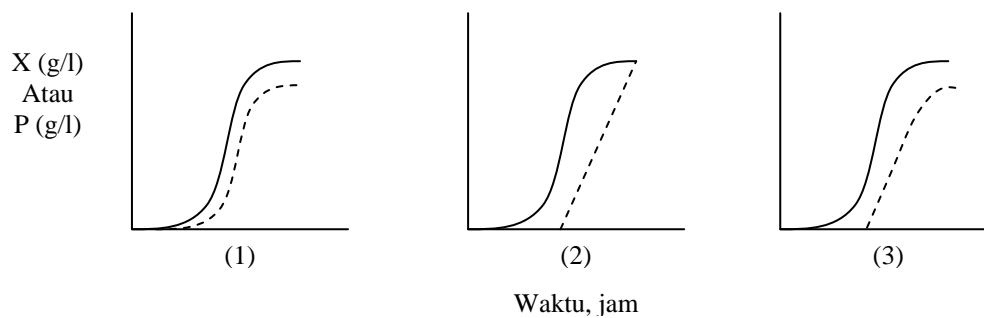
b. Pemanfaatan substrat

$$\frac{dS}{dt} = r_s = -\frac{1}{Y_{x/s}} \frac{dX}{dt} \quad (13)$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{1}{Y_{x/s}} \frac{\mu_m \cdot S \cdot X}{k_m + S + S^2 / k_i} \quad (14)$$

c. Pembentukan produk

Kinetika pembentukan produk mengikuti pola umum pembentukan produk setelah pertumbuhan mikroorganisme (metabolit sekunder). Kinetika pembentukan produk ada 3 macam bentuk :



Gambar 6. Contoh Kinetika Pertumbuhan Dan Pembentukan Produk pada Proses Curah

Dengan :

X = konsentrasi sel kering (g/l) —————

P = konsentrasi produk (g/l) -----

1. Pertumbuhan berkait dengan pembentukan produk
2. Pertumbuhan tidak berkait dengan pembentukan produk
3. Campuran (Shuler dan Kargi, 1973)

Proses fermentasi asam laktat adalah pembentukan produk tidak berkait dengan pertumbuhan dan berlangsung pada keadaan anaerob.

$$\frac{dp}{dt} = vX \quad (15)$$

v = laju pembentukan produk spesifik (g produk/jam.g sel kering)

$$v = \frac{v_p \cdot S}{km + S + S^2 / ki} \quad (16)$$

v_p = laju pembentukan produk spesifik maksimum
(g produk/jam.g sel kering)

k_m = konstanta kejenuhan substrat (g/l)

k_i = konstanta hambatan substrat untuk
pembentukan produk (g/l)

S = konsentrasi substrat (g/l)

$$\frac{dp}{dt} = \frac{v_p \cdot S \cdot X}{k_m' + S + S^2 / k_i'} \quad (17)$$

Parameter kinetika pada proses curah yang akan dicari dari persamaan 2 dan 5 adalah :

Persamaan (2) :
$$\mu = \frac{\mu_m \cdot S}{k_m + S + S^2 / k_i}$$

Atkinson menyatakan bahwa untuk harga $1/S$ besar atau harga konsentrasi substrat rendah maka harga $k_i \leq 1$, sehingga diperoleh untuk persamaan (2) :

$$\mu = \frac{\mu_m \cdot S}{k_m + S}$$

Parameter k_m dan μ_m dapat diperoleh dengan cara Lineweaver-Burk plot.

$$1/\mu = \frac{k_m}{\mu_m} 1/S + 1/\mu_m \quad \text{diperoleh :}$$

$$\text{slope} = \frac{k_m}{\mu_m}, \text{ dan intercept} = 1/\mu_m$$

Persamaan (13) : $r_s = 1/Y_{x/s} \cdot r_x$

$$\frac{rs}{X} = \frac{1}{Y_{x/s}} \frac{rx}{X}$$

dengan mengalurkan antara rs/X dengan rx/X maka akan diperoleh slope = $1 / Y_{x/s}$.

Persamaan (7) : $v = \frac{vm \cdot S}{km + S + S^2 / ki}$ untuk substrat sebagai penghambat harga $ki \leq 1$ diperoleh :

$$v = \frac{vm}{km' + S}$$

harga parameter kinetika vm dan km' dicari dengan cara Lineweaver-Burk plot.

$$1/v = \frac{km'}{vm} 1/S + 1/vm$$

dengan mengalurkan $1/v$ dengan $1/S$ akan diperoleh: Slope = km' / vm dan intersept = $1/vm$.

X. VIRGIN COCONUT OIL (VCO)

Virgin Coconut Oil (VCO) atau minyak kelapa murni merupakan salah satu produk diversifikasi kelapa yang akhir-akhir ini sedang menjadi primadona karena beberapa khasiatnya, disamping harganya yang tinggi cukup menggairkan untuk diusahakan. VCO lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan suplemen dan bahan baku farmasi serta kosmetik daripada sebagai minyak goreng. Saat ini nilai jualnya dapat meningkat lebih 500% dibanding minyak kelapa biasa yang harganya Rp. 7000/liter. Berbagai macam penyakit dapat

dicegah dengan mengonsumsi VCO karena adanya kandungan asam lemak rantai sedang seperti asam laurat dalam VCO tersebut. Beberapa khasiat dari VCO adalah membunuh berbagai virus, bakteri, jamur dan ragi penyebab berbagai penyakit, mencegah hipertensi, diabetes, sakit jantung, kanker, lever dan mencegah pembesaran kelenjar prostat (BPPT, 2006). Cara pembuatan VCO dengan cara pemisahan krim, protein dan air, dimana kandungan VCO terdapat di krim, selama 2 jam. Kemudian krim difermentasi, sehingga terpisah antara VCO dan blondonya. Pada percobaan-percobaan sebelumnya sudah ada yang dilakukan juga dengan menggunakan enzim dan inokulum (Untung dkk, 1977), tapi baru dilakukan dengan cara batch (curah). Berkenaan dengan masalah-masalah itu, maka perlu untuk mendapatkan proses fermentasi VCO yang efektif, yaitu dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus Plantarum*. Salah satu kemungkinan itu, ialah pemakaian bioreaktor tangki ideal.

XI. IMPLEMENTASI FERMENTASI VCO

Penelitian fermentasi VCO dilakukan dalam bioreaktor tangki ideal dan dikerjakan secara curah. Variasi waktu dan kecepatan pengenceran umpan digunakan untuk menentukan mekanisme reaksi fermentasi VCO. Karena parameter yang paling berperan dalam mempelajari kinetika reaksi adalah waktu (t), maka pada setiap variabel yang dikerjakan, waktu reaksi selalu divariasi. Data-data yang diambil dalam penelitian ini adalah perubahan konsentrasi VCO dalam bioreaktor setiap

saat dan diukur dengan jumlah volume secara langsung. Selain itu juga ditentukan kapan waktu mencapai fermentasi sinambung (τ), yaitu sampai dengan hasil konsentrasi VCO nilainya sudah mencapai konstan.

1. Penyiapan Bahan Baku

Buah kelapa yang akan diolah menjadi VCO adalah buah yang tua, yakni berumur 11-12 bulan, yang ditandai dengan kulit sabut berwarna coklat. Buah kelapa tua akan menghasilkan rendemen minyak yang tinggi.

2. Pembuatan Santan

Buah kelapa tua dikupas kemudian dibelah dan dagingnya dikeluarkan dari tempurung. Daging buah kelapa lalu diparut secara manual atau digiling menggunakan mesin. Hancuran daging buah lalu ditambah air dengan perbandingan sesuai variabel. Selanjutnya, ekstrak dipres dengan menggunakan cara manual

3. Pemisahan Krim

Santan yang diperoleh dituang pada beaker glass, kemudian didiamkan 2 jam. Selama pendiaman, santan akan terbagi menjadi tiga lapisan, yaitu lapisan atas berupa krim (kaya minyak), lapisan tengah berbentuk skim (kaya protein), dan lapisan bawah berupa endapan. Krim dipisahkan dan digunakan sebagai bahan baku VCO.

4. Pembuatan Starter

Pengolahan VCO menggunakan bakteri *Lactobacillus Plantarum* diawali dengan membuat cairan *starter*. Caranya, skim kelapa 450 ml dicampur dengan air kelapa 50 ml, kemudian

ditambahkan bakteri *Lactobacillus plantarum* dari tabung reaksi, diaduk sampai homogen, lalu didiamkan (difermentasi) pada suhu ruang selama 12 jam.

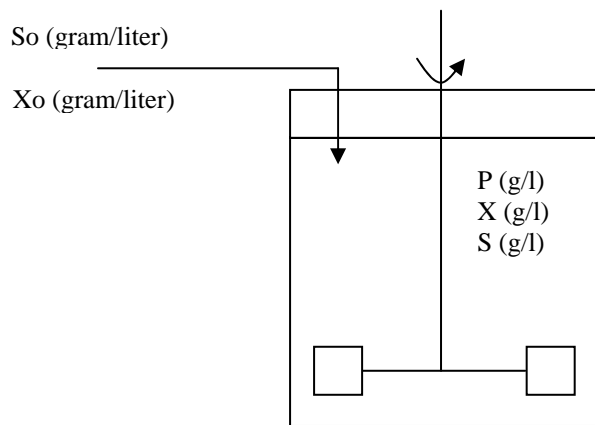
Penambahan air kelapa bertujuan untuk memperkaya nilai gizi media untuk proses perbanyakan *starter*.

5. Pencampuran Krim dengan Starter

Krim yang diperoleh, sekitar 1 liter, dibagi tiga bagian (masing-masing 1/3 liter), kemudian dicampur dengan *starter* masing-masing: 10%, 20%, dan 30%. Sebagai contoh, jika menggunakan *starter* 10% maka untuk krim 1 liter ditambahkan *starter* 100 ml. Campuran diaduk homogen kemudian dituang pada wadah transparan dan didiamkan 8-10 jam. Selama proses pendiaman, campuran akan terpisah menjadi tiga lapisan, yaitu minyak (lapisan atas), blondo berwarna putih (lapisan tengah), dan air (lapisan bawah). Selanjutnya, minyak dipisahkan dari blondo dan air. Alur proses pengolahan VCO disajikan pada gambar 2.

6. Alat

Susunan alat terlihat pada Gambar 7. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan seperangkat peralatan yang terdiri dari tangki umpan, tangki penampung dan Bioreaktor.



Bioreaktor

Gambar 7. Rangkaian Alat Fermentasi VCO secara curah

1. Larutan disaring dari kandungan kotoran-kotoran yang terikut
2. Dilakukan pembuatan *stater*
3. Ditambahkan stater kedalam Bioreaktor
4. Hasil yang diperoleh di tampung dan dianalisis kandungan FFA dan jumlah yieldnya.

7. Variabel

Kondisi batas pada pelaksanaan percobaan adalah;

- a. Volume Santan 1000 cc
- b. Waktu pengambilan sampel setiap 30 menit,

Variabel yang dipelajari meliputi:

- a. waktu
- b. Konsentrasi Santan : (1:1) dan (1:2)

8. HASIL PENELITIAN

1. HASIL ANALISIS SANTAN KELAPA

Bahan baku yang dipergunakan dalam fermentasi kelapa adalah kelapa hibrida yang diperoleh dari perkebunan kelapa Argabinta Cianjur, Jawa Barat.

Santan dari kelapa hibrida dianalisa dan diperoleh komposisi sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Analisis Santan Kelapa

Kandungan air	: 86,02%
Protein	: 0,82%
Lemak	: 8,93%
Karbohidrat (dihitung sebagai glukosa)	: 3,68%
Abu	: 0,31%
Serat kasar	: 0,03%
Bahan yang tidak menguap pada suhu 105 ⁰ C	: 13,98%

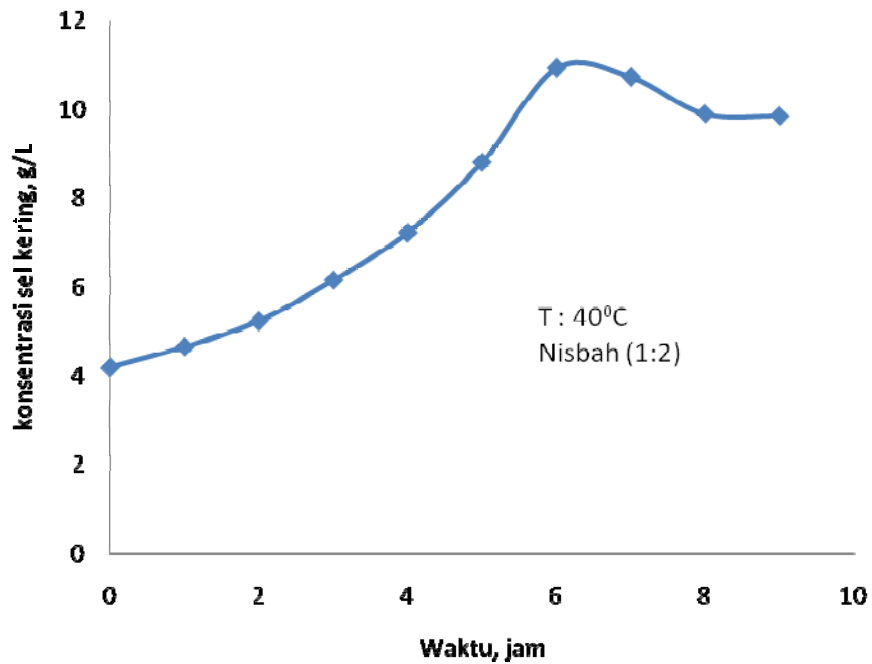
2. KURVA PERTUMBUHAN *LACTOBACILLUS PLANTARUM*

Hasil penelitian pembuatan kurva pertumbuhan *Lactobacillus plantarum* pada temperatur 40 ⁰C dapat dilihat pada Tabel 2. Perhitungan untuk mendapatkan hasil pengamatan tersebut dapat dilihat pada lampiran A.

Tabel 2. Data Pertumbuhan *Lactobacillus plantarum*

waktu (Jam)	Sel Kering (g/L)
0	4.20
1	4.66
2	5.24
3	6.16
4	7.23
5	8.81
6	10.94
7	10.74
8	9.90
9	9.85

Kurva pertumbuhan *Lactobacillus plantarum* pada temperatur 40 °C menyatakan bahwa pengaktifan bakteri tersebut dapat dilakukan setelah 6 jam, karena saat itu kurva pertumbuhan bakteri tersebut dalam keadaan fasa tumbuh eksponensial dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Antara Berat Sel Kering
Lactobacillus plantarum Terhadap Waktu
Pada Proses Curah

3. PERHITUNGAN PARAMETER KINETIKA

LACTOBACILLUS PLANTARUM PADA PROSES CURAH

Data hasil perhitungan percobaan proses fermentasi secara curah untuk nisbah (1:2) dan nisbah (1:1) dapat dilihat pada tabel 3, 4, 5 dan 6, adalah data untuk menghitung parameter kinetika fermentasi minyak kelapa secara curah.

Kelapa hibrida yang dipergunakan mempunyai kandungan glukosa rendah (3,8%), sehingga berdasarkan pernyataan Atkinson (1983) harga parameter $k_i \ll 1$ dapat diabaikan.

Parameter k_m , μ_m , kinetika dihitung dengan memplot nilai $1/\mu$, dengan $1/S$, slope dari grafik diperoleh harga k_m/μ_m dan intercept adalah $1/\mu_m$, dapat dilihat pada Gambar 9, dan

6, parameter kinetika k_m dan v_p dihitung dengan mengalurkan $1/v$ dan $1/S$ akan diperoleh slope k_m/μ_m , intercept $1/v_m$.

4. HASIL PERCOBAAN FERMENTASI CURAH UNTUK NISBAH

Tabel 3. Data Pengamatan Fermentasi Curah Untuk Nisbah (1:2)

Waktu (jam)	pH	X (g/L)	S (g/L)	μ (jam ⁻¹)	Asam Laktat (g/L)	v	Angka Asam
0	5.9	4.87	5.4		1.2		2.244
1	5.8	4.92	5.3	0.115	1.6	0.255	1.468
2	5.6	6.13	5.1	0.150	2.0	0.242	2.861
3	5.4	6.64	4.9	0.146	2.6	0.203	3.590
4	5.1	8.21	4.4	0.148	3.0	0.163	4.039
5	4.8	8.93	4.1	0.144	3.6	0.160	4.432
6	4.2	10.96	3.8	0.065	4.2	0.100	4.625
7	4.0	10.17					

Keterangan : X = konsentrasi sel kering (g/L)

S = konsentrasi glukosa (g/L)

μ = laju pertumbuhan spesifik jam⁻¹

v = laju pembentukan produk spesifik (g produk/jam.g sel kering)

Tabel 4. Data Perhitungan parameter Fermentasi Curah Nisbah (1:2)

waktu u (jam)	$dS/dt = r_s$	r_s/X	$1/S$	$1/\mu$	$1/v$
0			0.185		
1	0.15	0.030	0.188	8.69	3.9
2	0.20	0.033	0.196	6.66	4.1
3	0.36	0.055	0.204	6.85	4.9
4	0.39	0.048	0.227	6.76	6.1
5	0.30	0.033	0.244	6.92	6.3
6	0.25	0.023	0.263	15.38	10.0

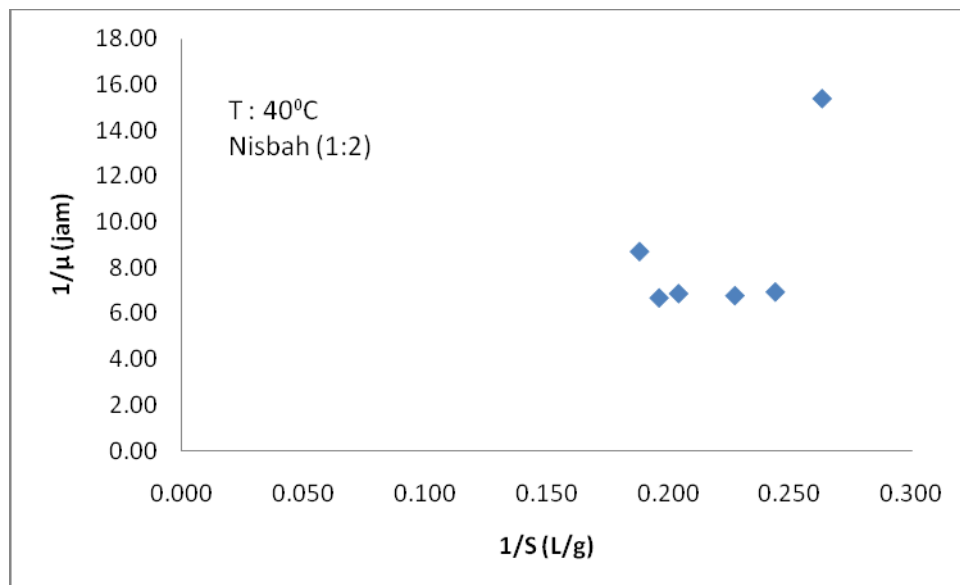
Tabel 5. Data Pengamatan Fermentasi Curah Untuk Nisbah (1:1)

waktu/jam	pH	X (g/L)	S (g/L)	μ (jam ⁻¹)	Asam Laktat (g/L)	v	Angka Asam
0	5.9	6.22	7.5		1.8		4.488
1	5.8	6.60	7.4	0.140	2.0	0.100	4.824
2	5.6	8.23	7.2	0.150	2.2	0.099	5.161
3	5.3	8.90	6.9	0.142	2.4	0.155	5.554
4	4.7	10.93	6.5	0.138	3.0	0.174	5.834
5	4.5	11.74	5.9	0.133	3.4	0.194	5.283
6	4.2	14.26	5.3	0.130	4.0	0.120	6.620
7	4.1	17.18	4.8	0.060	4.3	0.105	7.174
8	4.0	16.08	4.5		4.4		7.578

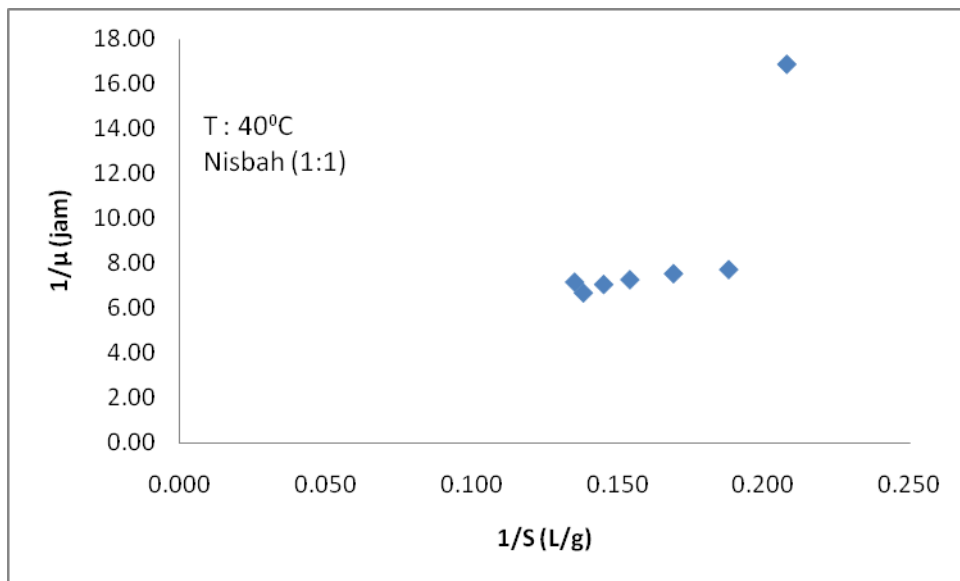
Keterangan : X = konsentrasi sel kering
S = konsentrasi glukosa
 μ = laju pertumbuhan spesifik

Tabel 6. Data Perhitungan Parameter Fermentasi Curah Untuk Nisbah (1:1)

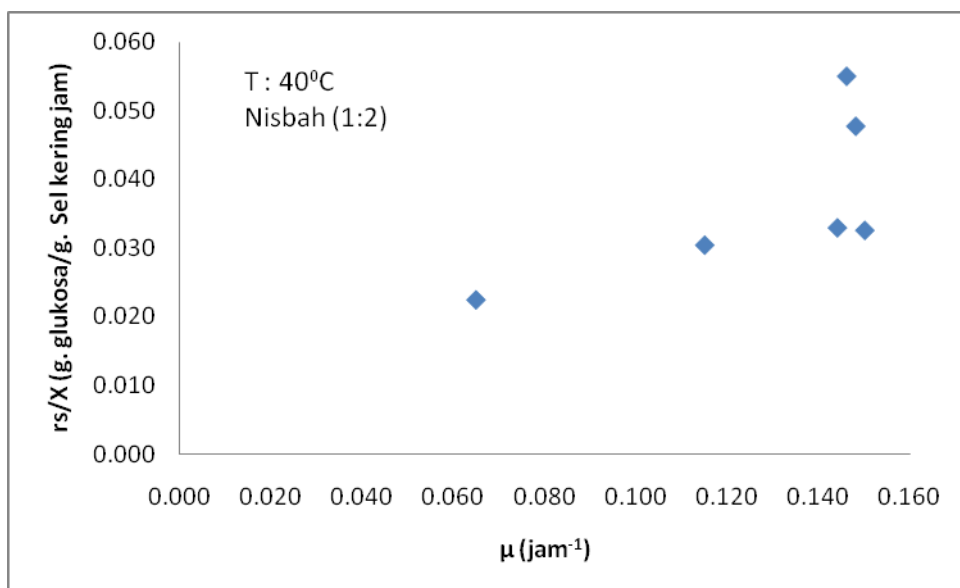
waktu (jam)	$dS/dt = r_s$	r_s/X	$1/S$	$1/\mu$	$1/v$
0			0.133		
1	0.15	0.022	0.135	7.14	10.00
2	0.25	0.032	0.138	6.66	11.00
3	0.35	0.042	0.145	7.04	6.45
4	0.86	0.078	0.154	7.25	5.70
5	0.89	0.076	0.169	7.52	6.95
6	0.43	0.030	0.188	7.70	8.50
7	0.26	0.015	0.208	16.85	20.00



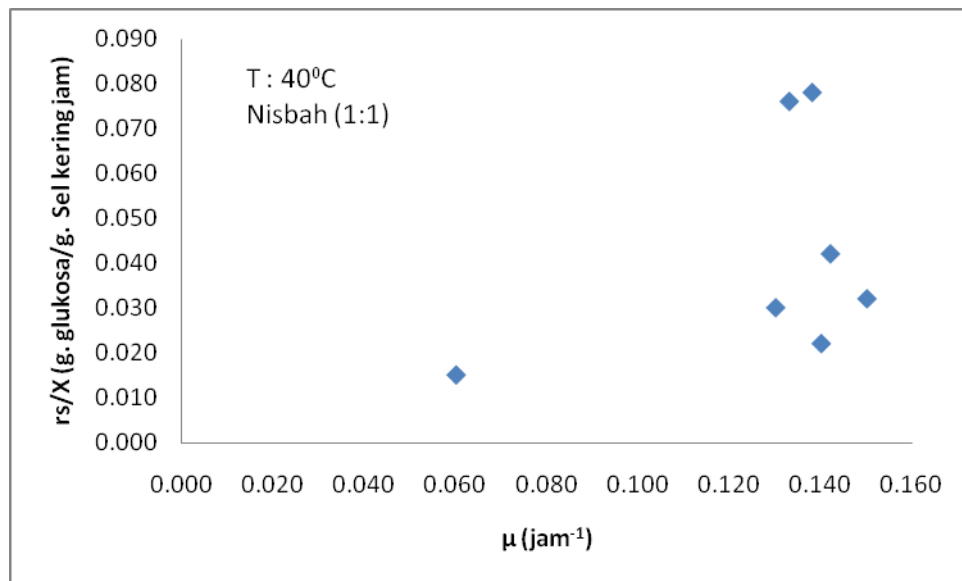
Gambar 9. Hubungan $1/S$ (L/g) terhadap $1/\mu$ (jam) untuk fermentasi curah nisbah (1:2)



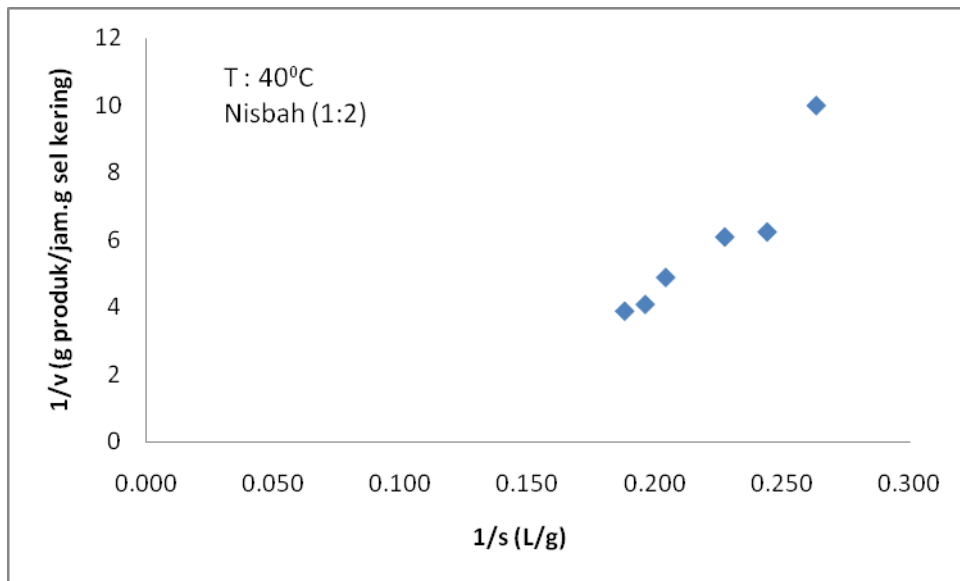
Gambar 10. Hubungan $1/S$ (L/g) terhadap $1/\mu$ (jam) untuk fermentasi curah nisbah (1:1)



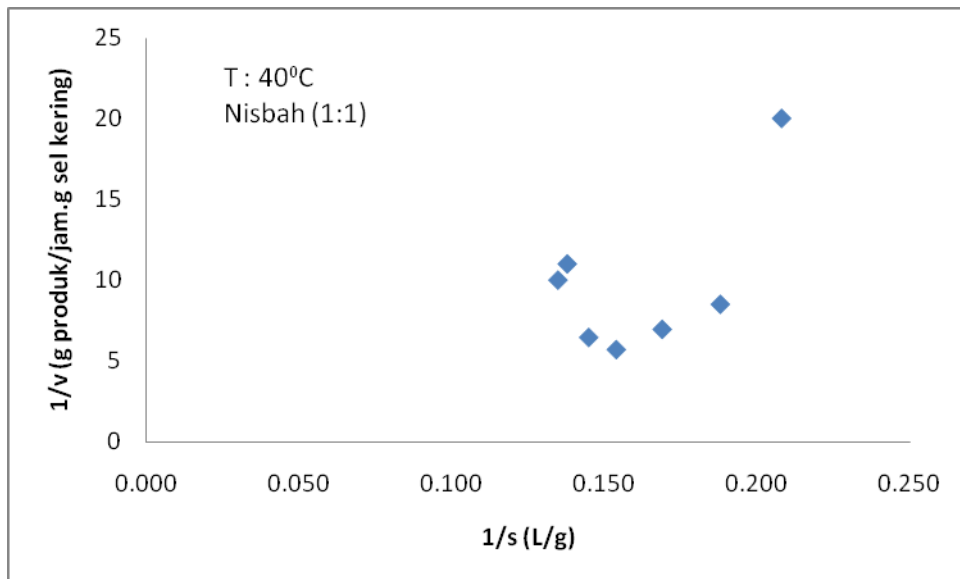
Gambar 11. Hubungan r_s/X (g.glukosa/g.sel kering jam) terhadap μ (jam⁻¹) untuk fermentasi curah nisbah (1:2)



Gambar 12. Hubungan r_s/X (g.glukosa/g.sel kering jam) terhadap μ (jam⁻¹) untuk fermentasi curah nisbah (1:1)



Gambar 13. Hubungan $1/v$ (g.produk/jam g.sel kering) terhadap $1/s$ (L/g) untuk fermentasi curah nisbah (1:2)

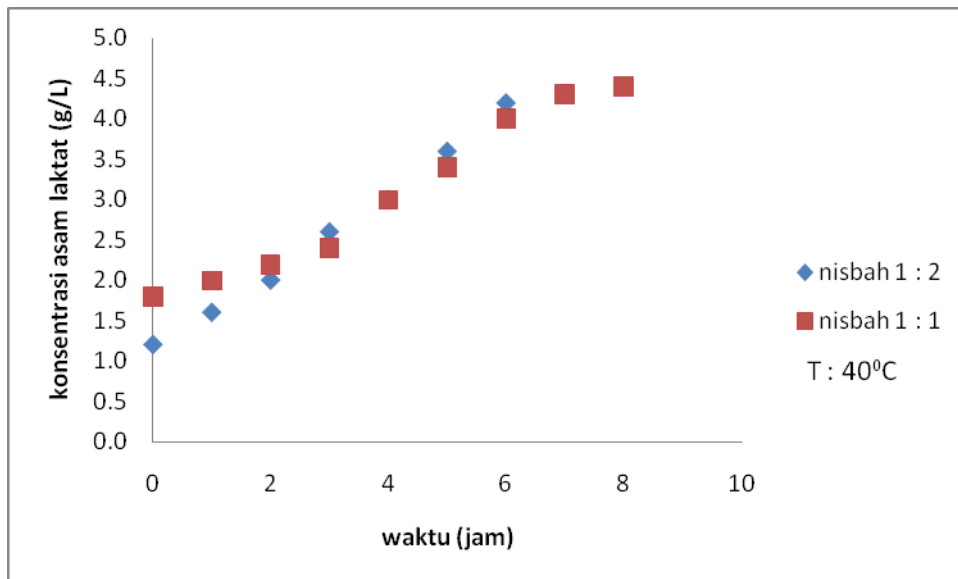


Gambar 14. Hubungan $1/v$ (g.produk/jam g.sel kering) terhadap $1/s$ (L/g) untuk fermentasi curah nisbah (1:1)

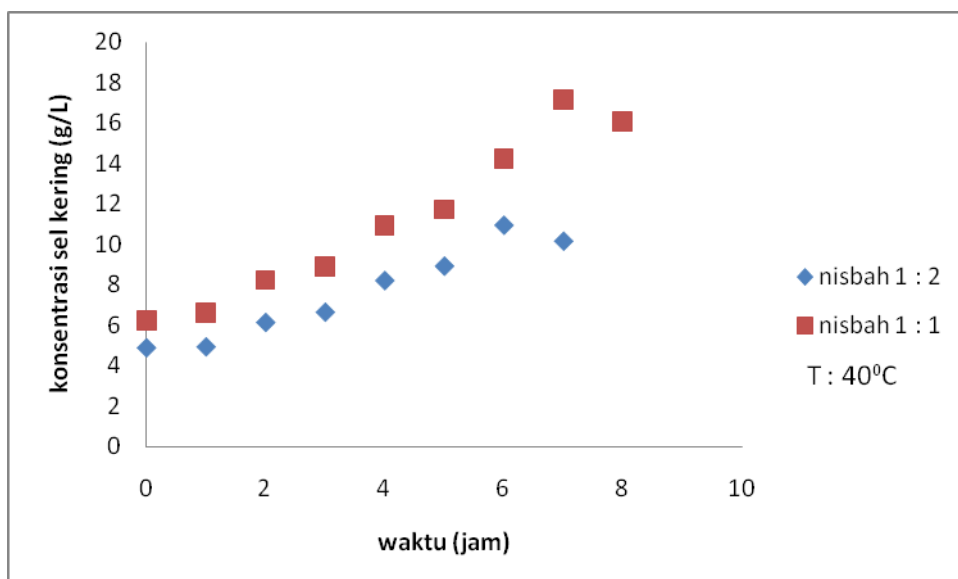
5. HASIL PERHITUNGAN PARAMETER KINETIKA *LACTOBACILLUS PLANTARUM* PROSES CURAH

Tabel 7. Parameter Kinetika Proses Curah

parameter kinetika	nisbah (1:2)	nisbah (1:1)
μ_m (jam ⁻¹)	0.166	0.151
k_m (g/L)	1.60	3.33
v_p (g.produk/jam.g sel kering)	0.101	0.138
k_m' (g/L)	7.246	14.49
$Y_{x/s}$	3.57	1.83



Gambar 15. Hubungan Konsentrasi Asam Laktat (g/L) terhadap waktu untuk nisbah (1:2) dan nisbah (1:1) pada Proses Curah



Gambar 16. Hubungan Konsentrasi Sel Kering (g/L) terhadap waktu untuk nisbah (1:2) dan nisbah (1:1) pada Proses Curah

9. PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada proses curah ini menyatakan bahwa santan cukup mengandung glukosa yang akan dirubah oleh bakteri menjadi asam laktat.

Pertama kali yang dilakukan pada proses curah ini adalah membuat kurva pertumbuhan dari *Lactobacillus plantarum* di dalam santan. Terlihat dari kurva pertumbuhan (Gambar 8) bahwa fase tumbuh eksponensial (logaritmik) dicapai setelah waktu 6 jam

Penurunan konsentrasi glukosa dan peningkatan jumlah sel kering dengan kenaikan waktu fermentasi konsentrasi asam laktat dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Atkinson (1983) menyatakan bahwa untuk konsentrasi substrat yang rendah konstanta yang dominan adalah konstanta kejenuhan substrat, sedangkan harga $k_i \ll 1$ dapat diabaikan, sehingga parameter yang berpengaruh pada proses curah adalah $k_m, \mu_m, Y_{s/x}, v_p, k_m$. cara perhitungan parameter pada proses curah dipergunakan persamaan (11), (13), (16) dengan cara lineweaver – Burk plot. Hasil perhitungan parameter pada proses curah dapat dilihat pada Tabel 4.

Gambar 2 menyatakan bahwa untuk nisbah (1:1) jumlah sel kering yang diperoleh lebih tinggi daripada nisbah (1:2) dan jumlah asam laktat yang diperoleh pada gambar 3 juga lebih tinggi pada nisbah (1:1), hal ini disebabkan konsentrasi glukosa awal yang dipergunakan pada nisbah (1:1) lebih tinggi daripada nisbah (1:2), karena apabila dilihat dari hasil perhitungan laju pertumbuhan spesifik (μ_m) maksimum, konstanta kejenuhan (k_m), maka afinitas sel lebih baik terhadap nisbah (1:2).

$$\begin{aligned} \text{Untuk nisbah (1:2)} \quad \mu_m &= 0,166 \text{ jam}^{-1} \\ k_m &= 1,60 \text{ g/L} \end{aligned}$$

Untuk nisbah (1:1)

$$\mu_m = 0,131 \text{ jam}^{-1}$$

$$k_m = 3,33 \text{ g sel/g glukosa}$$

Harga k_m yang rendah pada nisbah (1:2) dan harga laju pertumbuhan yang lebih tinggi, menyatakan bahwa afinitas sel lebih tinggi pada nisbah (1:2). Hasil perolehan sel ($Y_{s/x}$) terhadap substrat untuk nisbah (1:2) = 3,57 dan nisbah (1:1) = 1,83 terlihat berbeda hamper dua kali menyatakan bahwa untuk nisbah (1:2) perolehan sel pada substrat lebih baik. Hasil analisa angka asam untuk nisbah (1:2) dan nisbah (1:1) dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2, terlihat bahwa angka asam bertambah dari 2,244 – 5,29 dan 4,48 – 7,93. Nilai angka asam tersebut masih berada pada batas yang diajukan oleh AOCS yaitu 12 – 18 dan perolehan minyak sesuai yang disyaratkan oleh SII yaitu jernih, tidak berbau.

pH pada fermentasi terlihat semakin lama akan semakin turun sesuai dengan kenaikan konsentrasi asam laktat sampai mencapai nilai 4, dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Produktivitas produk untuk proses curah diperoleh berdasarkan perhitungan sebagai berikut : Wang, 1975.

$$Pr(c) = \frac{P_f}{1/\mu_m \ln P_f + P_o + t_r + t_d + t_1}$$

Dengan : μ_m = laju pertumbuhan spesifik maksimum

P_o = konsentrasi produk awal

P_f = konsentrasi produk akhir

t_r = waktu (pencucian, sterilisasi dan pengisian media)

t_d = waktu yang diperlukan untuk inokulasi

t_1 = waktu yang diperlukan sesudah inokulasi

Produktivitas yang diperoleh untuk nisbah (1:2) = 0,119 g/L jam dan untuk nisbah (1:1) = 0,131 g/L jam. Variabel konsentrasi

nisbah ternyata berpengaruh pada produktivitas dan untuk nisbah (1:1) harganya lebih baik daripada nisbah (1:2).

DAFTAR PUSTAKA

- Aiba.S, Arthur E.Humphrey, dan nancy F.Milis, (1973). "*Biochemical bioengineering, second edition*, Academi Press, New York, hal.92-102, 142-148.
- Atkinson, Bernard, dan Ferda Mavituna, (1983). "Biochemical Engineering and Biotechnology Handbook", first edition, Mac Millan Publisher Ltd England, hal. 605-612.
- Cahyono and Untari, Lia (2009) Proses Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO) dengan Fermentasi menggunakan Stater Ragi Tempe. In: "Seminar Tugas Akhir S1 Teknik Kimia UNDIP, Jurusan Teknik Kimia UNDIP. (Unpublished).
- <http://vco.baliwae.com>
- Levenspiel, Octave, (1999). "Chemical Reaction Engineering" Third Edition John wiley & Sons New York Chichester Weinheim Brisbane Singapore Toronto
- Steinkraus, K.H. et al, (1970). "Agri % Food Chemistry, vol 18 No.halaman 579.
- Wang D.I.C, Cooney C.L, Demain A.L, Dunnill P, Humphrey A.E, dan Lilly M.D(1979). " *Fermentation and Enzyme Technology*". John wiley & Sons, Singapore, hal. 79-83.

